

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАСКАДНОЙ СХЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

Каскадная система возбуждения (КАСВ) представляет собой схему фазового компаундирования (СФК) с дополнительным регулированием по внутреннему углу синхронной машины [1, 2]. Общее выражение для выходного тока КАСВ \dot{I}_2 , пропорционального току возбуждения, для различных углов $\delta_{сх}$, Θ_0 и режимов работы двигателя имеет вид:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_н + \dot{I}_с + \dot{I}_к e^{j(\delta_{сх} - \frac{\pi}{2})} e^{\pm j\frac{\pi}{2}}. \quad (1)$$

Ток \dot{I}_2 состоит из трех слагаемых: тока $\dot{I}_н$, пропорционального напряжению сети, тока $\dot{I}_с$, обусловленного э. д. с. обратной синхронной машины (ОСМ), тока компаундирования $\dot{I}_к$. Поворачивающий множитель $e^{\pm j\frac{\pi}{2}}$ указывает на предельно возможные отклонения угла нагрузки φ в режимах перевозбуждения и недо возбуждения синхронного двигателя. На рис. 1 приведена векторная диаграмма токов КАСВ при $\delta_{сх} = 0^\circ$ и $\Theta_0 = 180^\circ$.

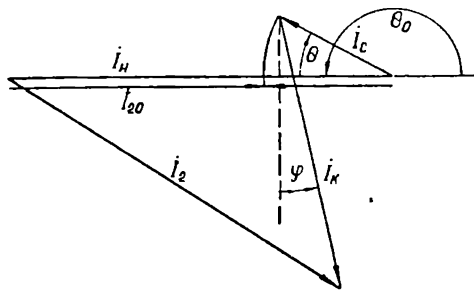


Рис. 1. Векторная диаграмма токов КАСВ.

При постоянстве напряжения сети векторы токов $\dot{I}_н$ и $\dot{I}_с$ остаются постоянными по модулю. Следовательно, величина тока возбуждения $I_f = |k\dot{I}_2|$ при изменении режима работы двигателя будет зависеть в основном от компаундирующей составляющей,

т. е. от тока двигателя \dot{I} . Эта зависимость $I_f = f(\dot{I})$ есть характеристика системы возбуждения. Ее можно получить опытным путем при работе системы на «чужой ротор». Возбуждение синхронного двигателя в опытах осуществляется от постороннего источника постоянного тока. Система возбуждения замыкается на «чужой ротор», имеющий такое же активное сопротивление, как и у испытуемого двигателя. Изменяя ток возбуждения I_b синхронного двигателя, получаем характеристику $I_f = f(\dot{I})$ в режимах недовозбуждения и перевозбуждения. Мощность на валу двигателя остается постоянной, т. е. характеристика $I_f = f(\dot{I})$ снимается при постоянной активной составляющей тока двигателя.

При нерегулируемом возбуждении характеристика системы возбуждения $I_f = f(\dot{I})$ есть прямая, параллельная оси тока двигателя. В компаундированных системах ток возбуждения зависит от тока двигателя. Характеристика системы возбуждения, подобно U -образной характеристике двигателя, имеет две ветви, соответствующие режиму перевозбуждения и недовозбуждения двигателя (рис. 2, 3). Как известно, установившийся режим работы двигателя определяется точкой пересечения U -образной характеристики и характеристики системы возбуждения. Эта же точка определяет и режим работы данной системы возбуждения. Для сохранения устойчивости режима как двигателя, так и системы возбуждения или, иными словами, для сохранения возбуждения синхронного двигателя необходимо выполнить условие $\left| \frac{dI_f}{dI_f} \right| > \left| \frac{dI}{dI_b} \right|$, т. е. наклон характеристики системы возбуждения должен быть больше наклона U -образной характеристики двигателя. Наклон же характеристики системы возбуждения, как видно из рис. 1, зависит от δ_{cx} , числа витков компаундирующей обмотки W_k и угла Θ_0 .

На модели были проведены опыты с целью выявления влияния этих параметров на характеристику системы возбуждения. При этом сохранялось постоянство нагрузки на валу двигателя P_2 и постоянство токов \dot{I}_n и \dot{I}_c по модулю. В качестве модели использовалась каскадная система возбуждения, изготовленная на Баранчинском электромеханическом заводе для синхронного двигателя, выполненная на базе генератора МС 82—4, 25 квт, 400 в, 45 а, 1500 об/мин.

На рис. 2, а приведены U -образная характеристика и характеристики системы возбуждения для $\delta_{cx} = 0^\circ, 60^\circ, 120^\circ$ и $\Theta_0 = 180^\circ$. При $\delta_{cx} = 0^\circ$ и 60° ветви характеристики $I_f = f(\dot{I})$ соответствуют ветвям U -образной характеристики. При $\delta_{cx} = 120^\circ$ ветви характеристики меняются местами, т. е. в режиме недовозбуждения ток

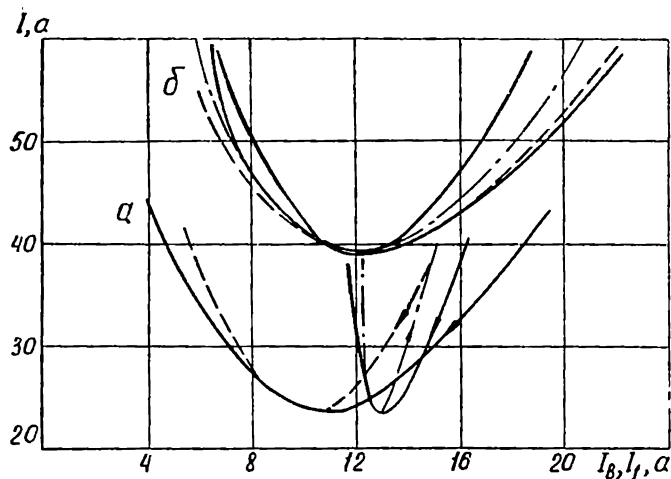


Рис. 2. U-образная характеристика двигателя и характеристика системы возбуждения $I_f = f(i)$ при изменении δ_{cx} (a) и числа витков W_k (б):
 а — $P_2 = 15 \text{ кат}$, $W_k = 13$, $k_f = 1.49$; — — — $\delta_{cx} = 0^\circ$, — — — 60° ,
 — — — 120° ; б — $P_2 = 25 \text{ кат}$, $\delta_{cx} = 0^\circ$, $k_f = 1.5$; — — — $W_k = 13$,
 — — — 17 , — — — 20 .

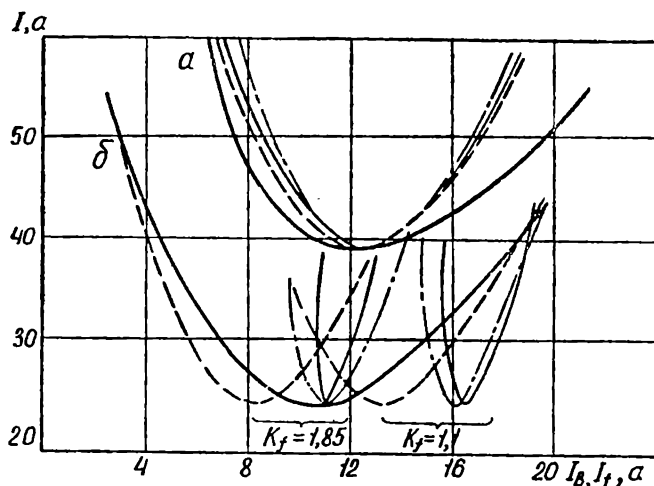


Рис. 3. U-образная характеристика двигателя и характеристика системы возбуждения $I_f = f(i)$ при изменении θ_0 (a) и k_f , δ_{cx} (б):
 а — $P_2 = 25 \text{ кат}$, $\delta_{cx} = 0^\circ$, $W_k = 13$; — — — $\theta_0 = 180^\circ$, — — — 155° ,
 — — — 125° ; б — $P_2 = 15 \text{ кат}$, $W_k = 13$, $k_f = 1.1$; — — — 1.85 ; — — — $\delta_{cx} = 0^\circ$,
 — — — 60° , — — — 120° .

получается больше, чем в режиме перевозбуждения. С ростом δ_{cx} от 0° до 120° наклон характеристики увеличивается.

На рис. 2, б представлена зависимость характеристики системы возбуждения¹ от числа витков компаундирующей обмотки W_k при $\delta_{cx}=0^\circ$, $\Theta_0=180^\circ$. С ростом числа витков W_k наклон характеристики уменьшается.

Зависимость наклона характеристики $I_f=f(\dot{I})$ от угла Θ_0 при $W_k=13$ представлена на рис. 3, а.

Как видно из этого рисунка, с увеличением угла Θ_0 наклон характеристики увеличивается. Причем изменение наклона заметно больше в области недовозбуждения. Но изменение наклона, в свою очередь, зависит от W_k . С ростом W_k влияние Θ_0 становится меньше и при $W_k=20$ наклон практически не меняется. Причина заключается в том, что доля приращения тока \dot{I}_2 за счет изменения Θ_0 становится малой по сравнению с током \dot{I}_k (см. рис. 1).

Большим достоинством каскадной схемы возбуждения является возможность регулирования тока возбуждения, а следовательно, режима работы двигателя непосредственно в процессе работы. При углах Θ_0 , равных или близких к 180° , составляющие \dot{I}_n и \dot{I}_c ориентированы навстречу друг другу. Изменяя \dot{I}_c путем регулирования тока возбуждения ОСМ, можно менять $\cos \varphi$ двигателя. Соотношения между \dot{I}_n и \dot{I}_c определяются коэффициентом $k_f = \left| \frac{\dot{I}_n}{\dot{I}_{20}} \right|$. Изменение k_f в пределах от 1,1 до 1,8 практически мало

влияет на наклон характеристики $I_f=f(\dot{I})$, но приводит к смещению характеристики (см. рис. 3, б). Это приводит и к смещению точки пересечения U-образной характеристики с характеристикой $I_f=f(\dot{I})$, т. е. изменению $\cos \varphi$ двигателя. Но глубина регулирования по $\cos \varphi$ двигателя зависит от угла δ_{cx} . Самая большая глубина регулирования — при $\delta_{cx}=0^\circ$, так как характеристика системы возбуждения в этом случае более пологая и незначительное изменение k_f дает ощутимое изменение I_f .

На рис. 3, б представлена характеристика $I_f=f(\dot{I})$ при различных δ_{cx} и различных k_f при $P_2=15$ квт. Из этого рисунка видно, что при изменении k_f от 1,1 до 1,85 происходит изменение $\cos \varphi$ при $\delta_{cx}=0^\circ$ от 0,57 опережающего до 0,45 отстающего; при $\delta_{cx}=60^\circ$ от 0,55 опережающего до 1; при $\delta_{cx}=120^\circ$ — от 0,75 опережающего до 1.

¹ На рис. 2, б; 3, а характеристики возбуждения в целях сравнения параллельным переносом совмещены с точкой U-образной характеристики при $\cos \varphi=1$.

ВЫВОДЫ

1. Условием сохранения возбуждения синхронного двигателя с компаундированной системой возбуждения является выражение

$$\left| \frac{dI}{dI_f} \right| > \left| \frac{dI}{dI_b} \right|.$$

2. Наклон характеристики системы возбуждения зависит в большей степени от параметров $\delta_{сх}$ и W_k и в меньшей — от Θ_0 . При этом с ростом $\delta_{сх}$ и уменьшением W_k наклон характеристики увеличивается.

3. КАСВ позволяет сравнительно просто регулировать $\cos \varphi$ двигателя в процессе его работы. С ростом $\delta_{сх}$ от 0° до 120° глубина регулирования падает.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Т. Пластун, Н. С. Сиунов. Возбудитель для бесщеточного возбуждения нормальных синхронных машин. Тр. УПИ, сб. № 157, Свердловск, 1967.

2. А. Т. Пластун, Н. С. Сиунов. Бесщеточная система возбуждения синхронных машин с каскадным асинхронно-синхронным возбудителем. «Электричество», 1970, № 9.
